

文章编号:1006-2106(2015)03-0037-04

# 正交异性板及桥面复合铺装影响面测试试验研究<sup>\*</sup>

唐细彪<sup>\*\*</sup>

(中铁大桥局集团武汉桥科院有限公司, 武汉 430034)

**摘要:**研究目的:正交异性板及桥面复合铺装由多层次结构和多种材料构成,局部受力非常复杂,而目前国内对其研究多偏重于理论计算,缺乏相关的试验验证。为掌握结构真实受力情况,本文在理论计算的基础上,以厦门某桥为工程背景,进行由正交异性板、栓钉和混凝土铺装层组成的桥面复合铺装的影响面加载试验,以验证相关计算理论和计算方法。

**研究结论:**(1)正交异性板及桥面复合铺装影响面试验与有限元计算结果基本吻合,表明本次试验方案能够较好反映出正交异性板及桥面铺装各结构层次的影响面分布规律;(2)桥面铺装结构影响面分布具有强烈的局部效应,三个典型部位横向影响范围基本在1~3个U肋间距长度之间,纵向影响范围约在5个U肋间距长度,但纵、横向影响较大区域基本都在1个U肋间距长度以内;(3)本研究方法及成果可为正交异性板及桥面复合铺装的设计和科研提供借鉴。

**关键词:**正交异性板;桥面铺装;影响面;模型试验;有限元计算

中图分类号:U443.33 文献标识码:A

## Experimental Research on the Influence Surface of the Orthotropic Plate and the Bridge Deck Pavement

TANG Xi - biao

(The Bridge Science Research Institute Ltd, China Railway Major Bridge Engineering Group Co. Ltd, Wuhan, Hubei 430034, China)

**Abstract: Research purposes:** The orthotropic plate and the bridge deck pavement is composed of multi - level structure and a variety of materials, the local stress is very complicated. However, the current domestic research on it more focus on the theoretical calculation, the relevant test is little. In order to master real stress distribution of the structure, on the basis of the theoretical calculation, taking a bridge in Xiamen as the background, this paper carried on influence surface loading test of the bridge deck pavement by the orthogonal plate, studs and concrete pavement layers, to verify that the related theory and calculation method.

**Research conclusions:** It shows that the results of test agree well with the calculated results. The testing scheme can better reflect the distribution of the orthotropic plate and the bridge deck pavement structure level. The bridge deck structure has a strong impact on the surface distribution of local effects, the impact of three typical lateral positions is in the range of 1 ~ 3 U - ribs span length, the scope of the longitudinal is about 5 U - ribs span length, but the vertical and horizontal impact within a large area is substantially in 1 U - rib pitch length. The research methods and results can provide reference for design and research of the orthotropic plate and the bridge deck pavement.

**Key words:** orthotropic plate; bridge deck pavement; influence surface; model experiment; finite element calculation

\* 收稿日期:2014-10-12

\*\* 作者简介:唐细彪,1983年出生,男,工程师。

\*\*\* 本文由中国铁道学会工程分会桥梁专业委员会推荐

一般来说,钢桥面正交异性板由面板、纵肋及横隔板组成,这类形式的结构整体承载能力良好,但对其上的桥面铺装的受力很不利<sup>[1-5]</sup>。另外,由于结构全部采用焊接连接,如果设计不当,在反复荷载作用下极易发生疲劳损伤<sup>[6]</sup>。因此,为保证结构的安全,彻底弄清正交异性板及桥面复合铺装的实际受力状态就显得尤为重要。而目前国内对正交异性板的设计多基于一些计算假定基础上,对具体构造进行有限元计算,偏重于在理论上对构件受力特点进行总结,缺乏更多的试验验证。为此,本文以厦门某桥桥面铺装为原型,首先进行桥面复合铺装的影响面计算分析,在此基础上设计制作了由正交异性板、栓钉和混凝土铺装层组成的桥面复合铺装模型,进行影响面试验研究,找出结构受力的一般性规律,为理论计算提供依据。

## 1 有限元计算

桥面铺装的静力和疲劳破坏,主要受局部车辆荷载的作用<sup>[6]</sup>,对于正交异性板及桥面铺装结构应力影响面研究,目前国内并无直接可借鉴的成果。因此,在进行桥面复合铺装模型试验之前,首先需要进行实桥桥面铺装的影响面的计算理论分析。以厦门某桥为工程背景<sup>[7]</sup>,建立多节段的箱梁模型,根据构造及受力特点,选取图 1 所示 A、B 和 C 三个构造及受力都较为典型的部位作为重点关注对象,分析其变形及应力影响面,其中图示的 A 位置为两横隔板间 U 肋与桥面板相交处、B 位置为 U 肋与横隔板相交处、C 位置为模两横隔板间纵腹板与桥面板相交处。

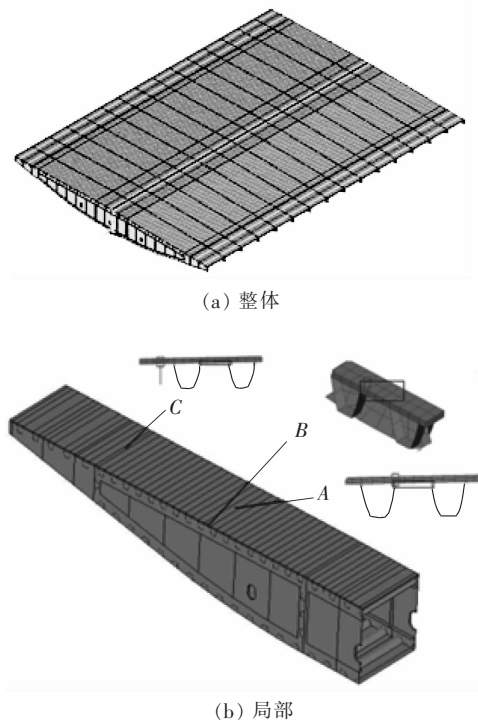


图 1 桥面复合铺装分析模型

由于计算内容众多,仅列出受力特征比较有代表性的正交异性板部位 Mises 应力影响面及影响线计算结果,如图 2 所示。

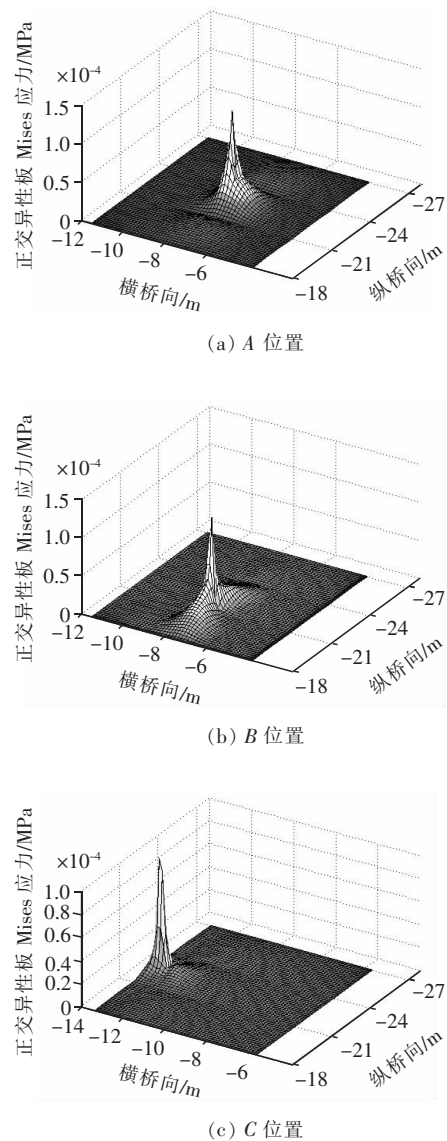


图 2 正交异性板典型部位应力影响面计算结果

通过计算可以得出,受力最不利部位正是位于图中所示的 A(两横隔板间 U 肋与桥面板相交处)、B(U 肋与横隔板相交处)及 C(模两横隔板间纵腹板与桥面板相交处)三个典型部位;肋间相对变形、正交异性板应力和混凝土铺装的应力的影响面分布具有强烈的局部效应,三个典型部位横向影响范围基本在 1~3 个 U 肋间距长度之间,但尖锐的峰值都在 1 个 U 肋间距长度以内;纵向影响范围略大,在 5 个 U 肋间距长度左右,但影响较大的范围还是在 1 个 U 肋间距长度以内;正交异性板和沥青铺装层分别在这三个典型部位的影响面应力峰值略有不同,在设计和模型计算时,需要兼顾考虑。

## 2 模型设计

根据计算成果,影响面影响范围有限,因此在试验模型设计中,纵向可包含三个横隔板,横向取3个完整U肋。由于试验模型顶板在纵向两侧边缺少约束,与实桥相差较大,因此在试验模型两侧各增加一块钢板,使两侧形成箱形构造,增加抗扭能力。模型尺寸和材料参数完全依据实桥设计,具体尺寸如图3所示。

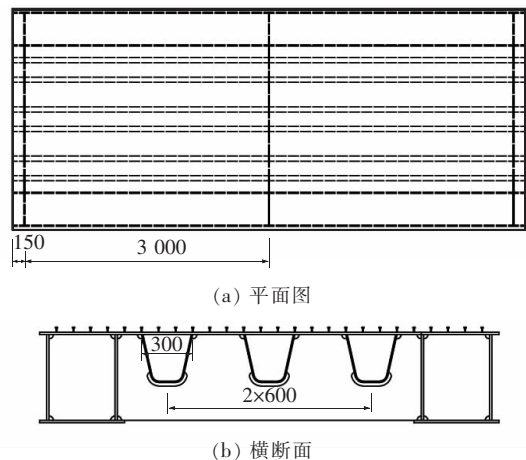


图3 模型设计图(单位:mm)

## 3 加载范围及方式

试验加载主要针对A、B、C位置,并尽可能的使加载区域面积扩大,以此来测试到完整的影响面范围。为此,本次试验加载的范围,横向宽度取约1500 mm(约5个U肋间距长度),纵向宽度取800 mm(约3个U肋间距长度),另外在试验过程中,也会根据结果采集需要适当扩大加载范围。具体模型加载示意如图4所示。

由于正交异性桥面板在第三体系下受力非常复杂,在局部较小位置应变变化剧烈<sup>[6]</sup>。为使得这些局部位置受力情况体现出来,就要求加载点的面积尽量小;同时为了不使测试结果偏小而受误差影响,又要求每次加载的荷载值尽量大。为此,我们采用将重量较大的千斤顶压在一个面积较小的圆柱体上的方式进行,具体如图4所示。

## 4 应变和挠度测点布置

应变测点布置主要围绕关注部位进行,在模型纵向设5个横断面,分别为横隔板断面和两横隔板之间断面,每个横断面布置10个应变测点,测点具体位置均设在典型部位。另外两横隔板之间断面的4排测点应变片横向布置,主要测量A位置和C位置;而横隔

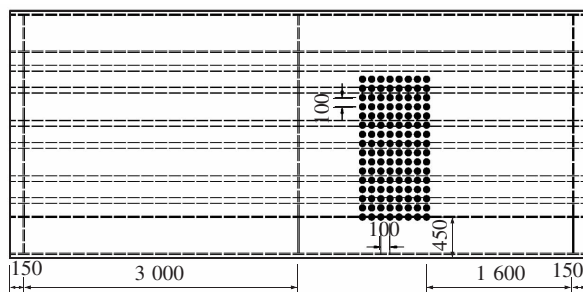


图4 模型加载范围(单位:mm)

板断面应变片纵向布置,主要测量B位置。同时,混凝土铺装层应变测点布置在内部和表面上,沿厚度分两层布置,一层在距钢板顶面40 cm处,另外一层在表面处,每层应变测点的横向和纵向位置及应变片的粘贴方向完全与钢结构表面应变片的布置一致。具体布置如图5所示。挠度测试采用电子百分表进行,挠度测点也是分别针对A、B及C位置,以测试其相对变形。

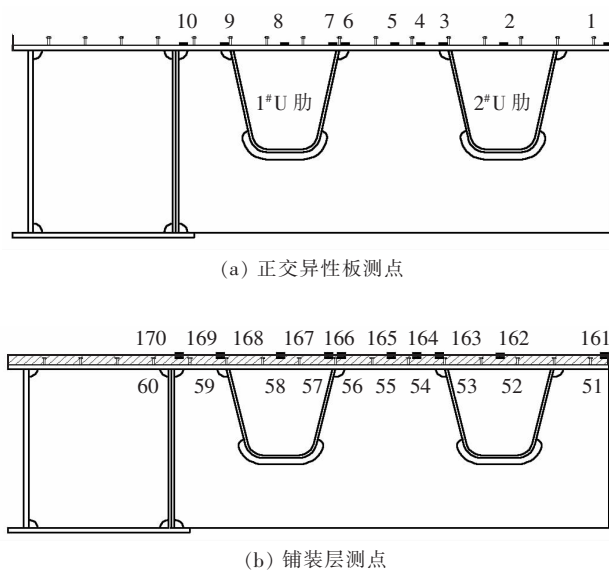


图5 部分应变测点布置图

## 5 应变计设计

正交异性板应变测试可采用市面上常见的3 mm × 6 mm标距的电阻式应变片,而混凝土铺装层若采用常用规格长度将近100 mm的混凝土应变片,显然无法测到应力变化剧烈的细部位置。为此,我们研制了一种新型小标距混凝土应变计,具体做法是将小标距钢应变片粘贴在长60 mm、宽30 mm的薄铁皮上,并用环氧树脂进行防水保护,为增强应变计与混凝土铺装的连接强度(共同变形),应变计表面进行了打孔、环氧树脂表面打磨等处理。同时,根据测试部位不同,小

标距混凝土应变计设计和布置也略有不同。测量混凝土内部的应变计在布置时,可利用钢扎丝穿过薄铁皮圆孔,与附近钢筋连接固定;而测量混凝土表面的应变计则将铁皮四角进行垂直折角,安装时将其贴紧在混凝土表面从而达到固定目的。具体设计及布置如图 6 所示。

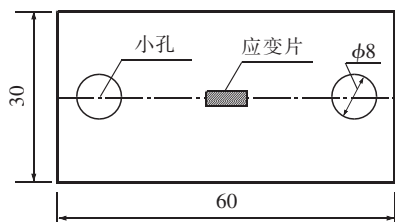
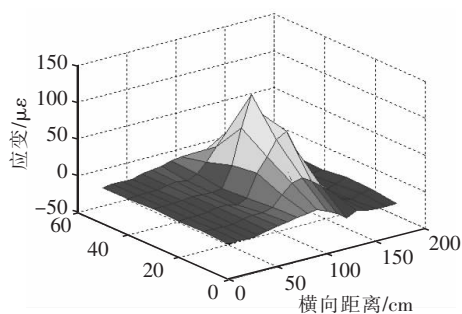


图 6 应变计设计图(单位:mm)

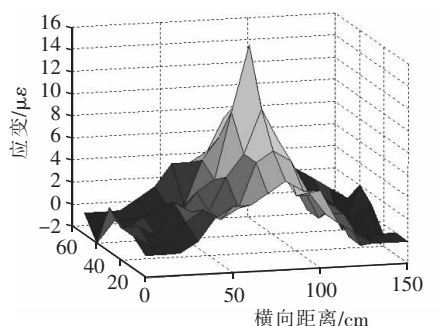
## 6 应变和挠度影响面试验结果

桥面复合铺装结构影响面加载测试分两步进行<sup>[7]</sup>:第一步是在混凝土铺装前,对正交异性板进行影响面加载,以分析裸梁结构受力特性;第二步是混凝土铺装后,对桥面板复合结构进行加载,分析其受力状态并与铺装前进行对比。由于测点众多,限于篇幅,只列举个别代表性的试验结果进行介绍和分析。图 7 为铺装前后 A 部位正交异性板及混凝土铺装内部测点应变影响面测试结果,其中  $x$  轴对应为桥面板横向(或纵向),  $y$  轴为加载后测点的应变值。

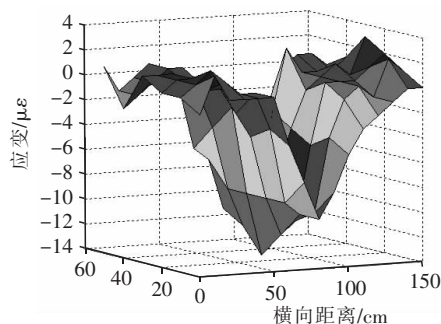
测试结果表明:第一,试验与计算结果及变化规律基本吻合,能够反映出正交异性板及桥面铺装各结构层次的影响面分布规律;第二,影响面峰值均出现在关注部位被加载时;另外,从铺装前后正交异性板应变测试结果来看,铺装后的正交异性板受力要明显小于铺装前受力,表明铺装层能极大改善正交异性板的受力情况;第三,铺装前后,正交异性板影响面纵向影响范围差异不大,横向影响范围约在 1 个 U 肋间距长度内(图 7(a)、(b));而纵向影响线在铺装前,影响范围也在 1 个 U 肋间距长度内,但铺装后,纵向影响长度要大于 1 个 U 肋间距长度(图中影响线长度由于试验条件限制,没有测试完整影响面);第四,混凝土铺装层横向影响区域约 50 cm(接近 1 个 U 肋间距长度),而纵向影响长度至少在 1 个 U 肋间距长度以上。同时由于铺装层在中性轴以上,其受力状态与正交异性板相反(图 7(c))。总的来说,在荷载作用下,正交异性板、混凝土结构内部和表面影响面分布规律基本一致,且表现出良好的连续性。



(a) 正交异性板测点铺装前



(b) 正交异性板测点铺装后



(c) 铺装层内部

图 7 A 部位影响面测试结果

## 7 结论

(1) 正交异性板及桥面复合铺装影响面试验与有限元计算结果基本吻合,表明本次试验方案合理,特别是发明的小规格混凝土应变计实用可行,试验能较好反映出正交异性板及桥面铺装各结构层次的影响面分布规律;

(2) 桥面铺装结构影响面分布具有强烈的局部效应,横向影响范围基本在 1~3 个 U 肋间距长度之间,但影响较大区域在 1 个 U 肋间距长度以内;纵向影响范围在 5 个 U 肋间距长度左右,影响较大范围也在 1 个 U 肋间距长度以内;

(下转第 56 页 To P. 56)